

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-087263

(43)Date of publication of application : 19.03.1992

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
G05B 13/02

(21)Application number : 02-200764

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 27.07.1990

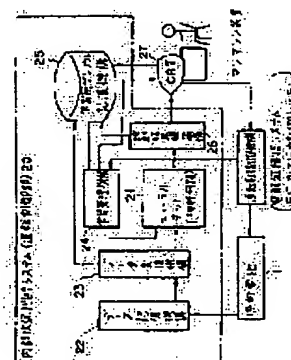
(72)Inventor : IWASE YOSHIO  
KUROE SATOSHI  
MITSUSHIMA SHIGENORI  
OKADA HIDEO  
IWAMOTO KAZUO  
TAKEUCHI MASAHIRO  
NISHIMURA SHIGEOKI

## (54) FUEL CELL POWER GENERATION PLANT

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To realize operation of power generation through automatic control by installing an input means to input measurement data into a neural net with a learning means which diagnoses the internal conditions of a fuel cell and also learns their recovery operation.

**CONSTITUTION:** An operation control unit 20 having a neural net 21 formed at its center, which controls a fuel cell 1, and the neural net 21 is accompanyingly equipped with input means 22, 23 which input at least one of the measurement data consisting of cell voltage, circuit voltage, internal resistance, reactive gas composition, flow rate, pressure, anode polarization and cathode polarization, and learning means 24, 25 which diagnose the internal conditions of a fuel cell and also learn the recovery operation of them, so that the internal conditions of the fuel cell are diagnosed from data of measurement to judge the causes of a change in cell performance and a recovery operation is selected and carried out according to the result of the judgment in order to learn the control in advance. It is thereby possible to automatically control the operation of power generation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

*method?*

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-87263

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)3月19日

H 01 M 8/04  
G 05 B 13/02  
H 01 M 8/04F 9062-4K  
L 7740-3H  
P 9062-4K※

審査請求 有 請求項の数 18 (全12頁)

⑭ 発明の名称 燃料電池発電プラント

⑰ 特 願 平2-200764

⑱ 出 願 平2(1990)7月27日

⑲ 発 明 者 岩 瀬 嘉 男 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

⑲ 発 明 者 黒 江 聡 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

⑲ 発 明 者 光 島 重 徳 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

⑲ 発 明 者 岡 田 秀 夫 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑲ 代 理 人 弁理士 鶴 沼 辰 之 外3名

最終頁に続く

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

燃料電池発電プラント

## 2. 特許請求の範囲

1. 電解液を保持する電解質板を介してその一方側と他方側とに配設されかつ電気化学反応の場となるアノード及びカソードを有する燃料電池と、前記アノードに供給する燃料ガスを改質する燃料改質設備と、電流を変換する直交流変換装置とを備えた燃料電池発電プラントにおいて、前記燃料電池を制御しかつ中樞にニューラルネットを形成した運転制御部を設け、該ニューラルネットに、電池電圧、回路電圧、内部抵抗、反応ガス組成、流量、圧力、アノード分極及びカソード分極よりなる測定データの少なくとも一つを入力する入力手段と、前記燃料電池の内部状態を診断しかつその回復操作を学習させる学習手段とを付設したことを特徴とする燃料電池発電プラント。

2. ニューラルネットは、入力したそれぞれの測

定データの経時変化に応じてその回復操作を出力させる診断結果提示手段を具備していることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。

3. ニューラルネットは、それぞれの測定データと、回復操作の判断基準として設定した基準値との比率又は偏差を入力することを特徴とする請求項1又は2記載の燃料電池発電プラント。

4. ニューラルネットは、診断による定量的ガイダンスと解析結果とを診断根拠として表示する手段を具備していることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。

5. 燃料電池は、ニューラルネットの出力に応じて操作されかつ燃料電池に接続する電解液補給システムを具備していることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。

6. 燃料電池は、ニューラルネットの出力に応じて操作される反応ガス圧力制御システムを具備していることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。

7. ニューラルネットは、反応ガス組成の分析結果を電解液操作の判断根拠の一つとしていることを特徴とする請求項1又は5記載の燃料電池発電プラント。
8. ニューラルネットは、内部抵抗分布の変化を燃料電池の内部状態の診断基準の一つとしていることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
9. ニューラルネットは、内部温度分布の変化を燃料電池の内部状態の診断基準の一つとしていることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
10. ニューラルネットは、積層されたそれぞれのセル又は複数セルを一単位とするそれぞれのスタックの反応ガス流量分布を、燃料電池スタック又はプラントの稼動状況に対する判断基準の一つとすることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
11. 電解液補給システムは、電解液補給量の制御を、電解液密閉容器内のガス圧力をコントロー
- ルすることにより行うことを特徴とする請求項5記載の燃料電池発電プラント。
12. 運転制御部は、電池電圧を回復する手段として、一時的に燃料ガスの水素ガスを無補給状態に保つ操作を行うことを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
13. 運転制御部は、電池電圧を回復する手段として、一時的に酸化ガスの空気又は酸素以外のガス成分を無補給状態に保つ操作を行うことを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
14. 運転制御部は、電池電圧を回復する手段として、定期的に無負荷状態とする運用を行うことを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
15. 燃料電池は、熔融炭酸塩型燃料電池であることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
16. ニューラルネットは、燃料電池のウェットシール部に設けた外部と電気的に絶縁された参照極により計測されるカソード分極及びアノード分極を、電池運転制御の操作の判断根拠の一つとすることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
17. ニューラルネットは、燃料電池のカソード側セパレータのウェットシール部に設けられたカソード入口ガス組成でかつ外部と電気的に絶縁された参照極により計測されたカソード分極及びアノード分極を、電池運転制御の操作の判断根拠の一つとすることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
18. ニューラルネットは、燃料電池のアノード側セパレータのウェットシール部に設けられたアノード入口ガス組成でかつ外部と電気的に絶縁された参照極により計測されたカソード分極及びアノード分極を、電池運転制御の操作の判断根拠の一つとすることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電プラント。
3. 発明の詳細な説明
- (産業上の利用分野)
- 本発明は、電力用燃料電池発電プラント、とくに熔融炭酸塩型燃料電池発電プラントに係り、実用化に必要とされる電池電圧を長期間安定化(4万時間、0.8V以上)させる運転制御部を備えた燃料電池発電プラントに関する。
- (従来の技術)
- 従来の燃料電池発電プラントにおいては、第10図に示すように、燃料電池は、天然ガス等の燃料ガス(水素)を空気(酸素)と反応させて水を生成する電気化学反応により系外部で電力(電池電圧と電流の積)を取り出す発電装置、つまり、化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換できる発電装置である。そのため、原理及び構造が簡単であり、発電効率が高い(45%以上)ことが最大の特徴といえる。
- その本体は、電解液(電解質)を保持する電解質板2とその両側に位置するアノード3及びカソード4の2つの電極よりなっている。これら3つの構成要素はどれも内部に多くの細孔を有する多孔質板であり、電解質板は、その細孔内に電解液(電解質)を保持してイオン伝導層の役割を果た

す。アノード及びカソードはその細孔を通じてそれぞれ、燃料ガスと酸化剤ガスが通気され、アノードでは酸化反応、カソードでは還元反応が生じる。その時アノード及びカソードともに電子の移動が伴うため、このアノード及びカソードは電気化学反応の場である。

発電装置として高出力を長時間維持するため、これら電気化学反応の場の3相(気、液、固)界面をいかに最適状態に保持させるかが問題となる。

燃料電池(特に熔融炭酸塩型燃料電池(MCFC))を発電システムプラントとして実用化するため、高反応ガス利用率(60%以上)、高負荷電流密度(150mA/cm<sup>2</sup>)で高性能(0.85V以上)を長時間(15000h以上、40000h程度)保持できなければならない。そのため、燃料電池内の電解質(MCFCでは電解質:熔融炭酸塩の分布)をいかに制御するかが、基本的かつ最重要な課題である。特に熔融炭酸塩型燃料電池(MCFC)において、この課題を達成するため、次の3点がキーポイントとなる。

(1) アノードの電解質による細孔占有状態(漏れ状態)を適正範囲(30v.1%以上、70v.1%以下)に保つ。

(2) カソードの電解質による細孔占有状態(漏れ状態)を適正範囲(10v.1%以上、35v.1%以下)に保つ。

(3) 電解質板中の電解質量は、電解質基板(マトリックス)の全細孔容積のほぼ95v.1%以上であるように保持する(90%以下となると内部抵抗の増大、反応ガスのクロスオーバーの発生が起こり、電池性能は著しく低下する)。

前記項目(3)を達成するため、電解質基板の製造方法を改善することにより細孔分布を改良し、特願平1-034093号公報に記載のように、電解質保持力を増すほか、適正な電解質含浸及び補給方法を実施しなければならない。また、前記項目(1)(2)を物理平衡的に達成するため、特願平1-270327号公報に記載のように、アノード及びカソード両電極の細孔分布を制御し、その相関性を考慮して組合せを選択することが有

効である。しかし、燃料電池内の電解質移動の原因として、電極での電気化学反応も考慮せねばならない。例えば、第11図に示すように、電極での電気化学反応により、燃料電池内の電解質が偏在化すると前記項目(1)(2)(3)は達成されない。

すなわち、通電前の初期状態においては、燃料電池内の電解質は適正な状態に分布しているが、通電によりアノード及びカソードそれぞれの反応が進行するため、電解質基板内のイオンの移動が(気孔率不足等の理由により)困難な場合は、電極と電解質板界面での局部移動の確立が大となり燃料電池内の電解質の偏在化が進む。その結果、電極の電解質による細孔占有率が適正範囲外となり電池電圧の低下となる。

なお、本発明に係る公知例は、特開昭61-6422号公報、特開昭63-170866号公報、特開昭63-170865号公報、特開平1-003968号公報及び特開平2-24970号公報などが挙げられる。

〔発明が解決しようとする課題〕

従来の燃料電池発電プラントにあっては、その燃料電池の発電運転時における出力(性能)低下原因は第12図に例示したように様々な事象が挙げられる。また、判断根拠データも第12図に挙げたものを総合的に判断してその原因を推定する。そしてその原因となった事象を解消する改善操作も各原因に対して異なり、適切なものを適宜選択せねばならない。つまり、1つの入力データに対して改善操作が選択的に決定できるものではなく、人間が思考するような総合的判断が必要とされる。

また、これまでの試験結果から、6000時間以上連続発電すると燃料電池の電圧は、電解液(電解質)の蒸発、飛散、腐食等による消耗により、徐々に低下してしまう。この電圧低下を防止するためには、電解液(電解質)の貯蔵又は補給が必要である。

本発明の第1の目的は、燃料電池の発電運転を自動制御で実施できる燃料電池発電プラントを提供することにある。

そして本発明の第2の目的は、燃料電池の内部に適量の電解液(電解質)を補給できる手段を備えることにあり、また第3の目的は、燃料電池の内部状態を判断できる情報を増やし、内部状態の診断を的確に行う自動制御システムを構築することにある。さらに第4の目的は、燃料電池の性能低下の原因に適応した電池性能の回復操作を出力できる運転制御部を備えた燃料電池発電プラントを提供することにある。

(課題を解決するための手段)

前記の目的を達成するため、本発明に係る燃料電池発電プラントは、電解液を保持する電解質板を介してその一方側と他方側とに配設されかつ電気化学反応の場となるアノード及びカソードを有する燃料電池と、アノードに供給する燃料ガスを改質する燃料改質設備と、電流を変換する直交流変換装置とを備えた燃料電池発電プラントにおいて、燃料電池を制御しかつ中樞にニューラルネットを形成した運転制御部を設け、ニューラルネットに、電池電圧、回路電圧、内部抵抗、反応ガス

している構成でもよい。

さらにニューラルネットは、反応ガス組成の分析結果を電解液操作の判断根拠の一つとしている構成でもよい。

そしてニューラルネットは、内部抵抗分布の変化を燃料電池の内部状態の診断基準の一つとしている構成でもよい。

またニューラルネットは、内部温度分布の変化を燃料電池の内部状態の診断基準の一つとしている構成でもよい。

さらにニューラルネットは、積層されたそれぞれのセル又は複数セルを一単位とするそれぞれのスタックの反応ガス流量分布を、燃料電池スタック又はプラントの稼働状況に対する判断基準の一つとする構成でもよい。

そして電解液補給システムは、電解液補給量の制御を、電解液密閉容器内のガス圧力をコントロールすることにより行う構成である。

また運転制御部は、電池電圧を回復する手段として、一時的に燃料ガスの水素ガスを無補給状態

組成、流量、圧力、アノード分極及びカソード分極よりなる測定データの少なくとも一つを入力する入力手段と、燃料電池の内部状態を診断しかつその回復操作を学習させる学習手段とを付設した構成とする。

そしてニューラルネットは、入力したそれぞれの測定データの経時変化に応じてその回復操作を出力させる診断結果提示手段を具備している構成である。

またニューラルネットは、それぞれの測定データと、回復操作の判断基準として設定した基準値との比率又は偏差を入力する構成でもよい。

さらにニューラルネットは、診断による定量的ガイダンスと解析結果とを診断根拠として表示する手段を具備している構成でもよい。

そして燃料電池は、ニューラルネットの出力に応じて操作されかつ燃料電池に接続する電解液補給システムを具備している構成である。

また燃料電池は、ニューラルネットの出力に応じて操作される反応ガス圧力制御システムを具備

に保つ操作を行う構成でもよい。

さらに運転制御部は、電池電圧を回復する手段として、一時的に酸化ガスの空気又は酸素以外のガス成分を無補給状態に保つ操作を行う構成でもよい。

そして運転制御部は、電池電圧を回復する手段として、定期的に無負荷状態とする運用を行う構成でもよい。

また燃料電池は、熔融炭酸塩型燃料電池である構成とする。

さらにニューラルネットは、燃料電池のウェットシール部に設けた外部と電気的に絶縁された参照極により計測されるカソード分極及びアノード分極を、電池運転制御の操作の判断根拠の一つとする構成でもよい。

そしてニューラルネットは、燃料電池のカソード側セパレータのウェットシール部に設けられたカソード入口ガス組成でかつ外部と電気的に絶縁された参照極により計測されたカソード分極及びアノード分極を、電池運転制御の操作の判断根拠

の一つとする構成でもよい。

またニューラルネットは、燃料電池のアノード側セパレータのウエットシール部に設けられたアノード入口ガス組成でかつ外部と電氣的に絶縁された参照極により計測されたカソード分極及びアノード分極を、電池運転制御の操作の判断根拠の一つとする構成でもよい。

#### 〔作用〕

本発明の燃料電池発電プラントによれば、燃料電池の連続発電におけるシステム制御として、測定データから、燃料電池の内部状態を診断し、電池性能の変化原因を判断する。そしてその判断結果に基づき最適な回復操作を選択し実施する。上記制御を予め学習させることにより、ニューラルネットモデルの作用によるシステム自動制御がなされる。また、自動制御運転実施後も、オペレータの監視下（学習データの取捨選択）での実施経験は学習データの蓄積となり、制御機能の能力を向上させる。

#### 〔実施例〕

の回復操作を学習させる学習管理機構24及び学習用サンプル記憶機構25よりなる学習手段とを付設した構成である。

そしてニューラルネット21は、入力したそれぞれの測定データの経時変化に応じてその回復操作を出力する診断結果提示機構26及びCRT27よりなる診断結果提示手段を具備している。

次に本実施例の動作を第2図及び第3図を参照しながら説明する。

燃料電池1からの測定データはデータ記憶機構22に一旦記憶された後、入力データパターンに変換されてニューラルネット（神経回路）21に入力される。ニューラルネット（神経回路）により想起（診断）された電池特性経時変化の原因及び／又は処理操作は想起（診断）結果提示機構26によりオペレータに伝達され、想起（診断）根拠をチェックすることができる。また、診断結果に応じた信号が電解質補給、反応ガス圧力、組成、流量等の各システムに送られ、変化原因に応じた処理操作が実施される。さらに、想起（診断）結

本発明のそれぞれの実施例を図面を参照しながら説明する。

#### 実施例1

第1図～第3図に示されるように、電解液（電解質（炭酸塩）を保持する電解質板2（LiA O<sub>2</sub>粒子）を介してその一方側と他方側とに配設されかつ電気化学反応の場となるアノード3（Ni粒子）及びカソード2（NiO粒子）を有する燃料電池1と、アノード3に供給する燃料ガスを改質する燃料改質設備（リフォーマ）30と、電流を変換する直交流変換装置（コンバータ）40とを備えた燃料電池発電プラントにおいて、燃料電池1の運転制御部20の中核にニューラルネット（神経回路）21を設け、このニューラルネット21に、電池電圧、回路電圧、内部抵抗、反応ガス組成、流量、圧力、アノード分極及びカソード分極などの測定データの全て、又はこれから選択した測定データを入力するデータ記憶機構22とデータ変換機構23とよりなる入力手段と、燃料電池1の内部状態（稼働状況）を判断しかつそ

果及び処理操作の結果は学習用サンプルとして学習用サンプル記憶機構25に記憶管理していくことができる。

第3図はニューラルネット（神経回路）の構造を示しており、本発明においては、燃料電池からの測定データを入力データパターン（入力信号）に変換してから入力層に送られ、電池特性経時変化の原因及び／又は処理操作が出力層から出力される。

第4図に燃料電池の性能が低下した場合に、その原因となる主な現象（電池部材の劣化等は外部からの制御では性能回復につながらないのでここでは省いた）を列挙した。また、このような原因を判断するための根拠となる測定項目（測定データ）及びその測定値の基準値を第5図に整理した。基準値は電池が正常に作動している場合の測定値とした。実測定で得られるデータは、基準値を設けたことにより、測定項目間での相対的比較が可能となる。

本実施例では、

$100 \times \text{測定値} / \text{基準値} = \text{表示数字} \quad \dots (1)$

としたが、測定値の代わりに(測定値-基準値)を(1)式に用いたり、蓄積したデータの統計的处理を行い、平均値を基準値と考え、実測定で得られたデータの偏差値をニューラルネット(神経回路)モデルへの入力データ(表示数字)としても良い。

第5図中のcase No.は、第4図に列举した性能低下原因のNoと一致させたものである。つまり、性能低下原因の違いにより、入力データマトリックスのパターンが変化する。ニューラルネットを使用すれば、このパターン認識により、性能低下原因が自動的に判明する。

#### 実施例2

実施例1において判断された経時変化原因(性能低下原因:第4図)に対応する回復操作を第6図にリストアップした。以下、各原因に対応して、有効な操作を述べる。

原因No(1)(2)(3)及び(6)では回復操作(a)の電解質補給が必要である。但し、測

ところで、性能回復のための回復操作(f)又は(g)並びに(h)又は(i)は、電解質による電極細孔占有率が適正範囲外になった場合に有効な手段である。これらの操作は電池スタックの運転状況により選択できる。連続負荷運転中であれば(f)(i)を、無負荷状態にできれば(g)(i)を選択すれば良い。燃料電池の年間運転時間の必要条件は6000h以上と言われているため、定期的に無負荷運転とすることは可能と考えられる。昼夜の電力需要に応じて発電するスタック数を変えたり、休止するスタックを順次交代させる運用も電池寿命を延ばすのに有効である。無負荷運転時に炭酸ガス又は窒素ガスバージとしてもある程度の性能回復は望めるが、炭酸ガス又は窒素ガスバージ条件では性能回復が見られなくても(g)(i)の状態とすることにより電圧ゲインの得られる場合が多い。

#### 実施例3

請求項5, 7, 11に記載した電解液(電解質)補給システムの実施例を第7図に示す。真空ポン

プの大きさにより補給する電解質量を調整する必要がある。原因No(3)(1)(2)(6)の順に増やすことが有効であり、実施例3の方式では貯蔵容器内圧力を高めるか、補給時間を長くすれば良い。その際、内部抵抗又はアノード分極値を監視データとして補給操作を実施することが安全である。また、実施回数が増えることにより学習効果が高められ、補給する電解質量も自動的に決定できる。原因No(3)の場合は、内部抵抗値が100以下であれば、回復操作(f)(g)又は(d)を行う方が有効である。また、原因No(2)(6)の場合は、回復操作(c)(d)及び/又は(m)も併用した方が効果的である。原因No(4)(5)の場合は、回復操作(b)(h)(i)が有効である。また、この場合にアノード分極値も増大していれば回復操作(e)も実施した方が良い。原因No(7)の場合は、回復操作(j)(m)が有効である。また、原因No(8)の場合は、回復操作(k)(l)(m)が有効である。

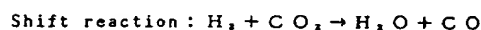
プ7を付設した電解液(電解質)貯蔵容器5は密閉され、かつその内部のガス圧力Pを内圧制御用バルブ6の制御により補給する電解液(電解質)量を調節することが本実施例の特徴である。MCF Cの場合、電解質2の混合炭酸塩( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ :  $\text{K}_2\text{CO}_3 = 62:38$  [mol比])は、室温では固体(粉末状)であり融点の491℃以上の温度で鉄等の金属に対して腐食性の強い液体になる。そのため電解液(電解質)貯蔵容器5は耐食性のあるセラミック(アルミナ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等)を用いる方が良い。また、ガス圧力計8で計測したガス圧力Pにより補給する電解液(電解質)量を制御するため電解質2を液状に保つ必要があり、容器温度は500℃以上としなければならない。しかし、MCF Cの作動温度は650℃であるため電池本体と同じ加熱用ヒータ9による温度制御系内に設置すれば良い。

#### 実施例4

請求項16, 17, 18に記載した参照極(付セル)の実施例を示す。第8図はカソード入口ガ

スを参照極ガスとした場合の参照極付セルの構造例を示している。カソード側セパレータ15のウエットシール部に、カソード入口ガスに部分的に曝され、アルミナ管又はセラミック管11などにより外部と電気的に絶縁された参照極（金線）10を設けたものである。この参照極（金線）10により電池電圧はカソード分極及びアノード分極に分離することが可能となる。第9図は本実施例の参照極による分極の測定結果、つまり電池電圧の分離結果例を示す。カソードガス組成つまり炭酸ガス濃度を変えた場合、カソード電位及び電池電圧はネルンストの(1)式に従い変化する。

$$E(V) = 1.020 + 0.03981n(P_{O_2})^{1/2}(P_{CO_2})_C \cdot P_{H_2} / (P_{CO_2})_A P_{H_2O} \quad \dots (1)$$



この場合、参照極電位もカソード電位と同様に変化することから、カソードと参照極の電位差  $E(C - Ref)$  は一定となる。一方、アノードと参照極との電位差  $E(Ref - A)$  は、参照極電位の変化分だけ電池電圧と同様に変化した。また、

- (1) 一時的（無負荷 and / or 負荷状態時）に燃料ガスの水素ガスを無補給状態に保つ操作。
- (2) 一時的（無負荷 and / or 負荷状態時）に酸化ガスの空気又は酸素以外のガス成分を無補給状態に保つ操作。
- (3) アノードラインのガス圧力を上昇又は降下する。
- (4) カソードラインのガス圧力を上昇又は降下する。

本発明によれば、長時間連続発電においても、電解質板の電極細孔占有率及び漏れ状態を適正範囲に保てることにより、アノード及びカソードの分極も最小限に保持できるため、燃料電池として実用化に必要とされる性能（ $i = 150 \text{ mA/cm}^2$  の負荷電流、反応ガス利用率40%以上の条件で、0.8V以上の電池電圧）を数万時間維持することができる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、連続運転しても電解質板を適正範囲に保てることにより、アノード及びカソ

ード分極とアノード分極との和が良く電池電圧値  $E_{cell}$  と一致している。この結果はカソード入口ガスが参照極に十分に拡散しており、基準極としての役割を果たしていることを示している。電池電圧を各分極に分離することは電池性能低下部位を判断する上で重要な意味を持つ。実施例1のデータ欄（第4図）に示したように、アノード分極及び内部抵抗が増大している場合は電解質が不足している場合であり、内部抵抗が小さいにもかかわらずカソード分極が増大している場合は電解質が過剰な場合である。これらの値の大きさを指標として電解質を調節することは電池運転制御上極めて有効である。

#### 実施例5

電池性能の低下原因が、電極の漏れ状態の不適〔電解液（MCFCの場合、電解質）による電極細孔占有率が適正範囲外〕である場合、次に挙げる四種の回復操作から適宜最適なものを選択し、実施することにより電池性能を回復することが出来る。

ドの分局が最小限に保持でき、実用化に必要な性能を有する燃料電池発電プラントを提供できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

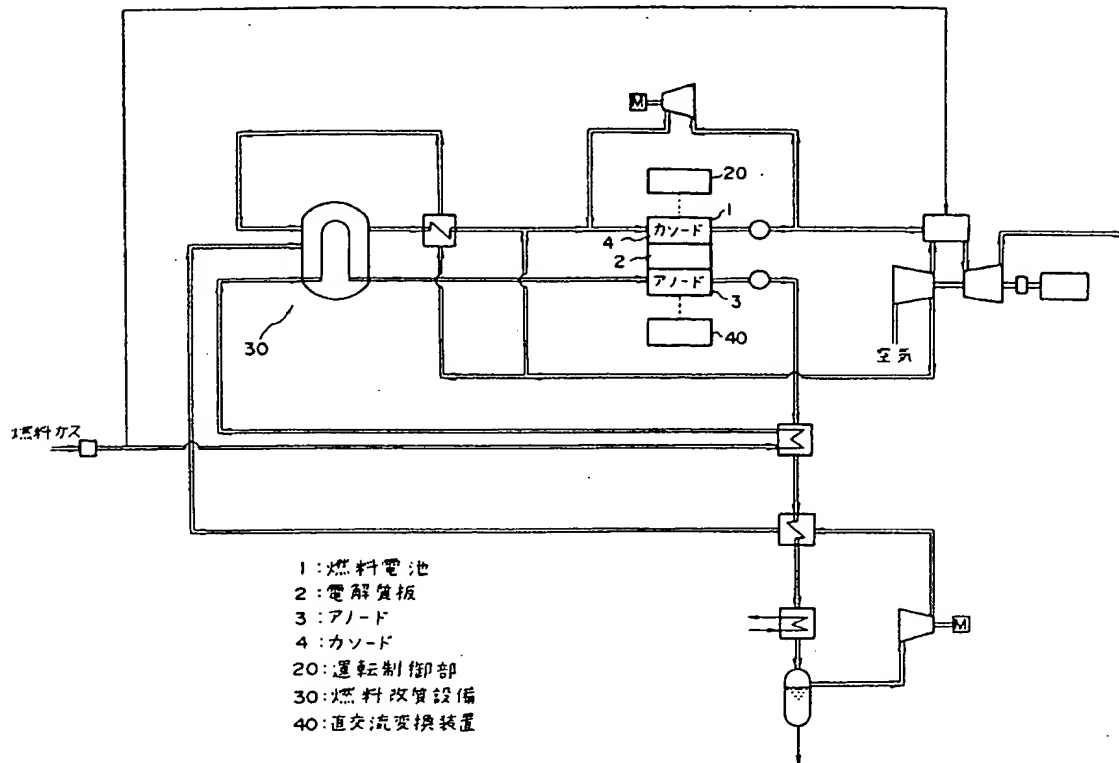
第1図は本発明の実施例1を示す構成図、第2図及び第3図は第1図の要部を示す図、第4図は燃料電池の性能低下の原因を示す図、第5図は測定データの基準値を示す図、第6図は実施例2の回復操作を示す図、第7図は実施例3の電解液補給システムを示す構成図、第8図は実施例4の参照極を示す構成図、第9図は実施例4を説明するグラフ、第10図は従来の燃料電池発電システムを示す図、第11図は燃料電池内の電解質の偏在化を説明する図、第12図は発電運転時における性能低下原因を説明する図である。

1…燃料電池、2…電解質板、3…アノード、4…カソード、20…運転制御部、21…ニューラルネット、30…燃料改質設備、40…直交流変換装置。

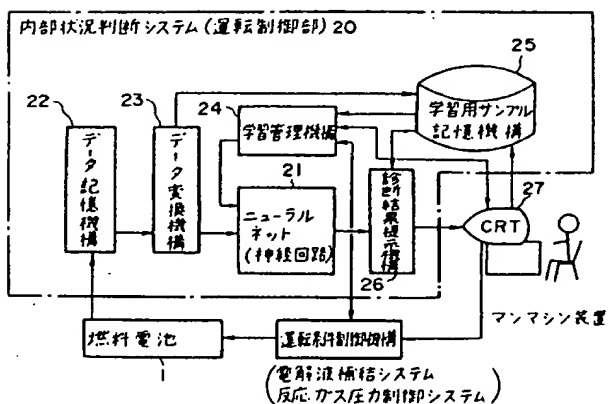
代理人 鷗 沼 辰 之



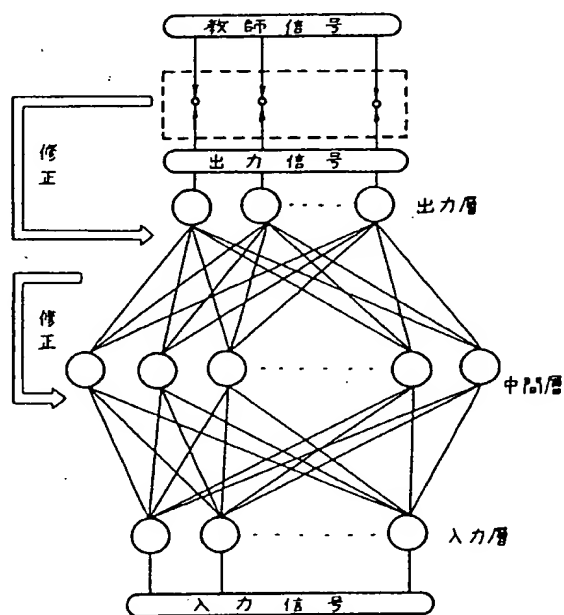
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

No.	電池性能低下の原因
(1)	電解質不足
(2)	ガスクロスオーバー (電解質不足)
(3)	アノード占有率減少
(4)	電解質過剰
(5)	カソード占有率増大
(6)	ガスクロスオーバー (電解質基板割れ)
(7)	カーボンの析出
(8)	ガス組成・流量の変化

第 6 図

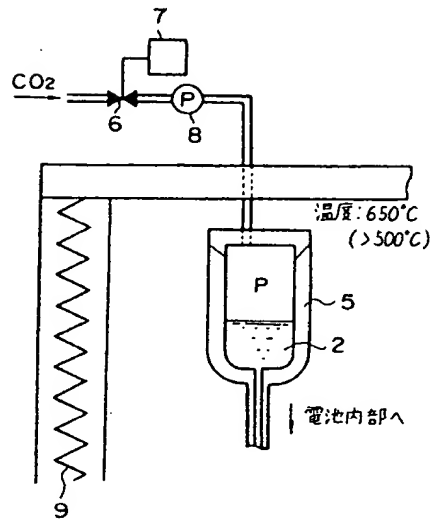
	回復操作
(a)	電解質補給
(b)	カソード加圧
(c)	カソード減圧
(d)	アノード減圧
(e)	アノード加圧
(f)	アノード H <sub>2</sub> cut (負荷)
(g)	アノード H <sub>2</sub> cut (無負荷)
(h)	カソード CO <sub>2</sub> cut (負荷)
(i)	カソード CO <sub>2</sub> cut (無負荷)
(j)	水蒸気量の増加
(k)	水蒸気量の減少
(l)	ガス組成の調整
(m)	ガス流量の調整

第 5 図

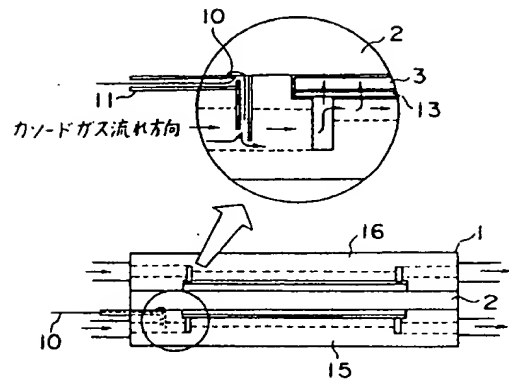
測定データ (操作の判断根拠)	基準値 (負荷条件: $i=150\text{mA/cm}^2$ )	測定値 (基準値を100%とした場合: %)					
		case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
・電池電圧	0.880 V	80	68	90	85	87	60
・開路電圧	1.080 V	98	96	99	100	100	90
・内部抵抗	0.40 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	120	140	118	100	100	200
・内部温度	650 °C	100	105	100	100	100	107
・アノード分極	50 mV	250	300	150	112	100	350
・アノードガス組成	80. vol%	100	90	100	100	100	85
・アノードガス流量	3.5 ml/min·cm <sup>2</sup> (*)	100	110	100	100	100	115
・アノードガス圧力	30 mmAq	100	100	100	100	100	100
・カソード分極	50 mV	120	150	100	250	200	230
・カソードガス組成	30.0 vol%	100	95	100	98	99	90
・カソードガス流量	10 ml/min·cm <sup>2</sup> (*)	100	100	100	100	100	100
・カソードガス圧力	30 mmAq	100	100	100	120	110	100
・【電流遮断】	( $i=150 \Rightarrow 0\text{mA/cm}^2$ )						
セル復帰時間	15. sec.	255	320	192	250	210	380
アノード復帰時間	15. sec.	250	300	190	120	100	370
カソード復帰時間	15. sec.	125	130	100	250	215	300
・【ACインピーダンス法】	(反応抵抗)						
セルの周波数分散	0.32 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	370	400	150	180	160	450
アノードの周波数分散	0.08 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	250	300	150	115	100	400
カソードの周波数分散	0.24 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	120	150	100	170	160	250

(\*) 電極の形状単位面積当りのガス流量

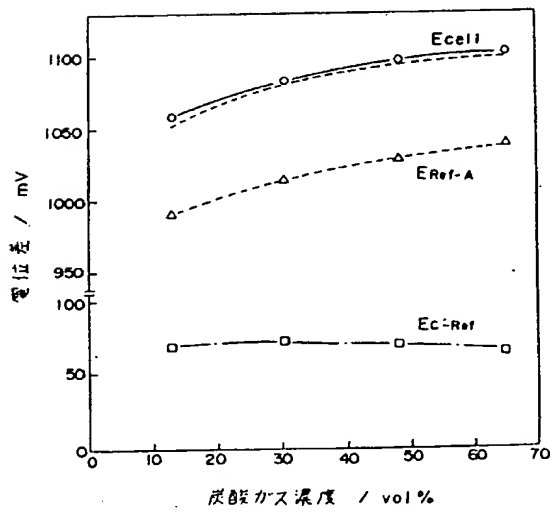
第 7 図



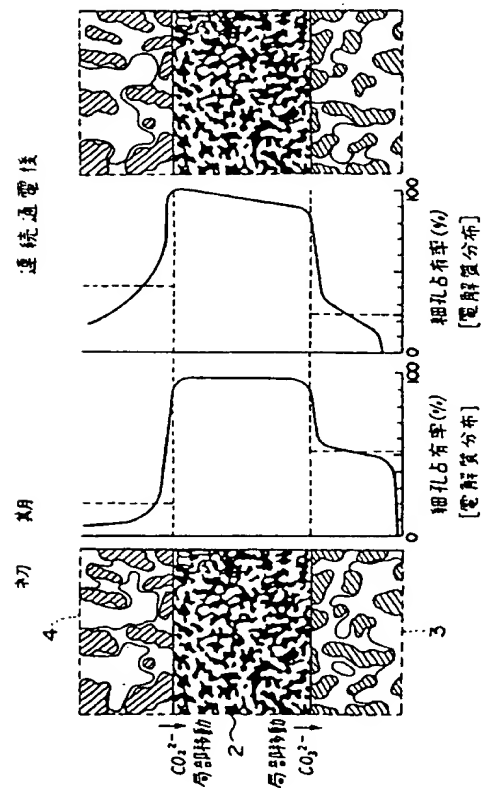
第 8 図



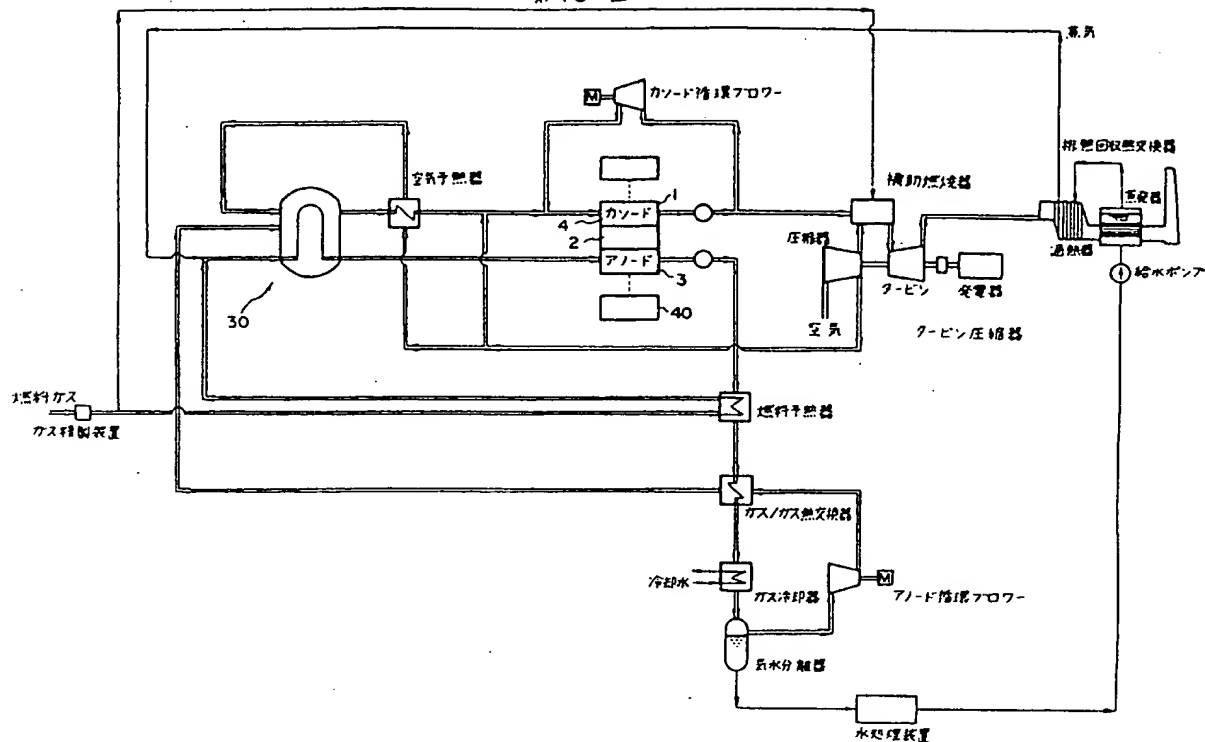
第 9 図



第 11 図



第 10 図



第 12 図

入力層 (操作の判断根拠)	出力層 (原因)	操作 (回復策)
<ul style="list-style-type: none"> <li>電池電圧</li> <li>開路電圧</li> <li>内部抵抗</li> <li>内部温度</li> <li>アノード分極</li> <li>カソード分極</li> <li>ガス組成・流量・圧力</li> <li>[電流遮断]</li> <li>[ACインピーダンス法]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電解質不足</li> <li>ガスクロスオーバー (電解質不足)</li> <li>アノード占有率減少</li> <li>電解質過剰</li> <li>カソード占有率増大</li> <li>ガスクロスオーバー (電解質基板割れ)</li> <li>カーボンの析出</li> <li>ガス組成・流量の変化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電解質補給</li> <li>カソード加圧(or減圧)</li> <li>アノード減圧(or加圧)</li> <li>アノードH<sub>2</sub>cut (負荷or無負荷)</li> <li>カソードCO<sub>2</sub>cut (負荷or無負荷)</li> <li>水素気量の変更(増or減)</li> <li>ガス組成・流量の調整</li> </ul>

第1頁の続き

⑤Int.Cl.<sup>9</sup>

H 01 M 8/04

識別記号

Z

庁内整理番号

9062-4K

⑫発明者	岩本	一男	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑫発明者	竹内	将人	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内
⑫発明者	西村	成興	茨城県日立市久慈町4026番地	株式会社日立製作所日立研究所内